

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

F2

(11)Publication number : 06-013714

(43)Date of publication of application : 21.01.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01S 3/103

(21)Application number : 03-259657

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE &
TECHNOL

(22)Date of filing : 11.09.1991

(72)Inventor : WATANABE MASANOBU

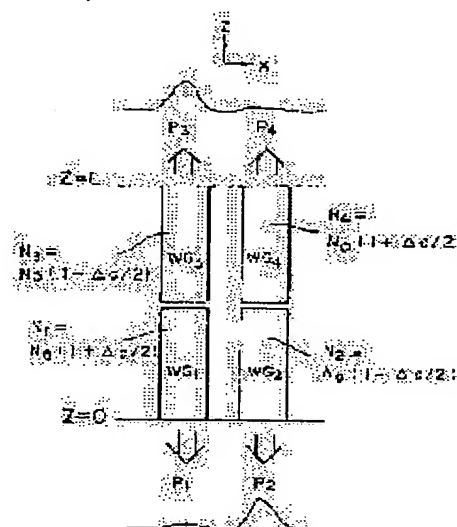
(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To generate a crossover mode and a bistable property in optional light output by generating a crossover mode with which the emitted light distribution on both edge faces makes a mirror image with each other by the simulational oscillation of two resonance modes.

CONSTITUTION: WG1 to WG4 are formed by dividing an active waveguide region into four parts, and the power outputted from the WG1 to WG4 is formed into P1 to P4.

When a carrier (carrier density N_2 to N_4) has oblique distribution, the light pattern emitted from both edge faces make a crossover mode and a mirror image is formed. When the carrier has an oblique distribution as above-mentioned, the light distribution of a resonant transverse mode, which does not change its shape even after making a round-trip, also has an oblique distribution. The shape of the two resonance modes is almost determined by the distribution of refractive index, and the selection of either of the above-mentioned modes (or both of them) is determined by gain distribution. A crossover mode can be generated against the light output in a wide range by making a calculation taking into consideration of the simultaneous oscillation of two modes.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.09.1991

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2034902

[Date of registration] 28.03.1996

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

- [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Semiconductor laser characterized by having two parallel waveguides, and generating crossover mode in which outgoing radiation light distribution in a both-ends side serves as a mirror image mutually by the coincidence oscillation in two resonance modes, and having bistability nature between crossover modes.

[Translation done.]

引用文献6

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-13714

(43)公開日 平成6年(1994)1月21日

(51)Int.Cl.⁵

H01S 3/18

3/103

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数1(全6頁)

(21)出願番号 特願平3-259657

(22)出願日 平成3年(1991)9月11日

特許法第30条第1項適用申請有り 1991年3月12日 社団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会技術研究報告Vol. 90 No. 461」に発表

(71)出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72)発明者 渡辺 正信

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技

術院電子技術総合研究所内

(74)指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所長

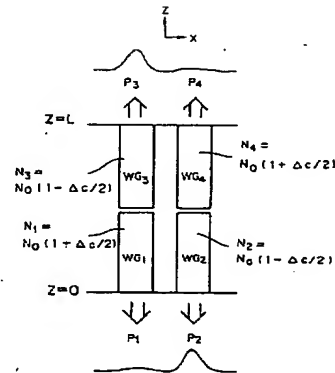
(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

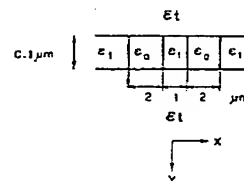
【目的】 この発明は2本の平行導波路を有するツイinstライブレザに関し、特に一方の導波路から他方への光の結合により、両端面における出力光分布が互いに鏡像となる交差モードを発生し、しかも交差モード間で双安定となるという、希な発振の仕方をする半導体レーザに関するものである。従来は、かなり限られた範囲の光出力においてのみ交差モードが発生するとされていた。本発明では、この理由が単一共鳴モードのみを考慮していたためであることを指摘し、2つの共鳴モードの同時発振を考慮して計算を行った。

【構成】 2モード発振の考慮により、単一交差モードを発生する光出力を下限とする任意の光出力(上限は無い)において、交差モード双安定性の発生が可能となることが示された。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2本の平行導波路を有し、2つの共鳴モードの同時発振によって、両端面における出射光分布が互いに鏡像となる交差モードを発生し、かつ交差モード間で双安定性を有することを特徴とする半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は2本の平行導波路を有するツイinstライブレーザに関し、特に一方の導波路から他方への光の結合により、両端面における出力光分布が互いに鏡像となる交差モードを発生するという、希な発振の仕方をする半導体レーザに関するものである。

【0002】この半導体レーザは交差モードを発生する条件においては、そのほぼ対称な光分布を持つ交差モードとの間で双安定となるため、光メモリ、光スイッチ、光論理素子として使用し得る。

【0003】

【従来の技術】通常の半導体レーザは、左右対称な注入電流分布の場合、左右対称な光を出射する。これに対し、2本の平行陽極を持つツイinstライブレーザ（陰極は広いものが一つである）において、左右対称な注入電流にも係わらず出射光分布が非対象で、かつ両端面における分布が互いに鏡像になる発振形態がある。これは一方の導波路から他方の導波路へ交差して移って行くという意味で、交差モードと名付けられている。この逆に、一つの陽極と2本の陰極でも全く構わない。しかし、2電極と呼ぶと、1陽極1陰極の通常のレーザとの混同の恐れがあるので、本特許では便宜上2本の方を陽極としておく。実際のレーザでは正孔の方が拡散が遅いため、陽極の方を2本にすることが普通である。

【0004】このモードは最初、不完全な形ではあるが、1983年WhiteとCarrollによって実験的に発見された。その発生メカニズムは長らく不明であったが、7年後に、渡辺らにより理論的に明らかにされ、双安定となることも示された（文献[1, 2]）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らによる先の出願、特願平2-78415号（文献[1]）に開示された理論では、交差モードおよび双安定性が現われるのは、非常に狭い範囲の光出力の場合に限られていた。本発明は、この点を大幅に改善するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は2本の平行導波路を有し、2つの共鳴モードの同時発振によって、両端面における出射光分布が互いに鏡像となる交差モードを発生し、かつ交差モード間で双安定性を有することを特徴とする。

【0007】

【作用】本発明ではまず、特願平2-78415号における限界の理由が、奇類似または偶類似共鳴モードの一

方だけの発振しか考慮されていなかったためであることを示し、両モードの同時発振を考慮して計算を行う。その結果、従来の理論では存在しなかった安定解を見だし、広い範囲の光出力に対して交差モード発生が可能なことを示す。

【0008】理論的考察および計算機シミュレーションによって、従来安定解の存在しなかった領域では2モード同時発振が起こること、非常に広い範囲の光出力、すなわち、特願平2-78415号で求めた条件よりも強い、任意の光出力において交差モードおよび双安定性が現われることが示される。

【0009】

【実施例】ここでは奇類似モードが主たる役割を果たす先の出願のモデルをもとにして例を示す。偶類似モードが主たる役割を果たすモデルに基づく場合も、理論の筋道は全く同じであり、ただ奇類似モードと偶類似モードの役割が入れ替わるだけである。

【0010】(1)モデル

図1に計算モデルのレーザ構造模式図を示す。特願平2-78415号と同じなので、簡単に説明を行う。図1(a)はレーザの上面図で、活性導波路の領域を4つに区分してWG₁ ~ WG₄、それぞれのキャリア密度をN₁ ~ N₄と名付け、N₁ = N₂、かつN₃ = N₄の場合を調べた。N₀は平均キャリア密度であり、Δcは(N₁ - N₂)/N₀で定義される、左右のキャリア密度差を表わすパラメータである。P₁ ~ P₄はそれぞれWG₁ ~ WG₄から出てくるパワーであり、キャリアが上記のように斜めの分布をもっていると、両端面から出射される光パターンが互いに鏡像となる(P₁ = P₄、P₂ = P₃)。電極も同様に4つに区分して考え、WG₁ ~ WG₄に注入される電流をそれぞれCu₁ ~ Cu₄とする。注入電流は光パワーに比例する誘導再結合項と、キャリア密度のみに依存する自然再結合項との和で表されるので、Cu₁ = Cu₄、Cu₂ = Cu₃が成り立つ。

【0011】図1(b)は断面図である。活性導波路は上下だけでなく横方向にも作り付けの屈折率閉じ込め構造をもつものとする（埋め込みダブルヘテロ構造と呼ばれる）。ε_a、ε₁、ε₂はそれぞれ活性(active)導波路、横方向(x方向;lateral direction)クラッド、縦方向(y方向;transverse direction)クラッドの誘電率で、Re(ε_a) > Re(ε₁) > Re(ε₂)なる関係をもたせてある。この条件を満たすためにはAl_{1-x}Ga_xAs材料の場合、Gaに対するAlの割合を示すxを導波路では小さく、横方向クラッドではやや大きく、縦方向クラッドではさらにもっと大きくなるようにすればよい。本実施例ではキャリアのないときの誘電率をε_a = 13.1 - 0.023i (GaAsバルクの値)、ε₁ = 12.9、ε₂ = 11.4、活性層幅0.1 μm、導波路幅2 μm、導波路間隔1 μmとした例に

について計算した。計算を複雑にしないため、まずキャリア分布固定の条件で電界分布を求め、次にこれらを保持するに必要な電流分布を求めるという順序を取る。電流分布は、光パワーに比例する項と、キャリア密度のみに依存する項の和になる。詳しい計算方法は文献[1, 2]に述べられている。

【0012】(2) 共鳴モード

対称電流注入において、ある時、両端面の光出力が互いに鏡像となるような非対称光出力が発生したとすると、誘導再結合によって、光の強い部分のキャリアが少なくなる(図1参照)。これによって一時的に非対称なキャリア分布が発生したとしても、通常は次の瞬間に、キャリアの多いところの光を強め、キャリアの少ないところを弱める作用が起り、元の対称なパターンに戻ってしまう。しかしながらこれとは逆に、図1のような非対称なキャリア分布が、キャリアの少ない部分に強いパワーを持つ光分布を支持する条件であれば、これらの非対称な光分布と非対称なキャリア分布は互いに支え合って、対称注入電流の下で共存できる。

【0013】上記のことから、交差モード発生条件は、図1のような斜めのキャリア分布があったときに、キャリアの少ない導波路に大きなピークを持つモードが最大利得を持つことであることがわかる。文献[1, 2]に示されているように、実際にそのような条件は存在する。利得の低いところに強い光が現われる理由は複雑なので、キャリアの存在が利得を上げると同時に屈折率を下げることに関連するということを述べておくにとどめる。

【0014】このようにキャリアが斜めの分布を持つときには、一往復しても形の変わらない共鳴横モードの光の分布も、図2のように斜めの分布を持つ。これは $L = 0.95L_c$ ($< L_c$)、 $\Delta c = 0.024$ の場合の例である。2つの共鳴モードの形は屈折率分布でほぼ決定され、利得分布によって、このモードのどちら(あるいは両方)が選ばれるかが決定される。(a)は導波路間で光強度がほぼ零になる場所があるので奇類似モード、(b)はそのような場所が無いので偶類似共鳴モードと呼ぶ。 $\pm z$ 方向に伝搬する光のパワーを足し合わせてある。このように、 $L < L_c$ では奇類似モードがキャリアの少ない側の導波路に、偶類似モードがキャリアの多い側の導波路に大きいピークを持っている。これが $L < L_c$ の時にはちょうど逆になり、偶類似モードがキャリアの少ない側に、奇類似モードがキャリアの多い側に大きいピークを持つ。

【0015】(3) 2モード発振を考慮した計算結果
図3に、 $L/L_c = 0.95$ の場合の、 P_1/P_2 と Cu_1/Cu_2 の関係を、 $-0.026 \leq \Delta c \leq 0.026$ の範囲について計算した結果を示す。実線は単一モード安定解、点線は単一モード不安定解、破線は2モード安定解である。図3(a), (b), (c), (e)の

単一モード解は、既出力の特願平2-78415号に示してあるものとする。

【0016】注入電流は、光パワーに比例する誘導再結合項と、キャリア密度のみに依存する自然再結合項との和でほぼ表される。出力光電力が零である図3(a)においては、電流分布はキャリア分布のみによって決まり、 Δc に対して電流比 Cu_1/Cu_2 は単調に増える。光パワー比 P_1/P_2 は Δc が0から0.024まで増加する間は単調に減少する。これは、奇類似モードの方が高い利得をもち、そのパワーが WG_1 (および WG_2)に偏って行くからである。この間、利得の低い(従って現われない)偶類似モードのパワーは WG_1 (および WG_2)に偏って行く。 $\Delta c = 0.024$ において、 P_1/P_2 は不連続に1より大きい値に変化する。これは、 $\Delta c = 0.024$ を境として、奇類似モード(図2(a))よりも偶類似モード(図2(c))の利得の方が高くなり、後者へスイッチするためである。したがって出力光が非常に小さいとき、 $Cu_1/Cu_2 = 1.05$ 付近における僅かな電流比変化が、共鳴モードのスイッチとそれによる大きな光電力比変化をもたらす。

【0017】光の存在が上記のグラフに与える影響を調べてみよう。次の図3(b)は $P_0 = 0.22 \text{ mW}$ の場合である。光電力が大きいほど誘導再結合の効果は大きい。したがって、 $P_1/P_2 > 1$ である上半分は右へ、 $P_1/P_2 < 1$ である下半分は左へ、 P_1/P_2 が1より離れている点ほど大きく移動する。その結果、どちらの共鳴モードも単独では光電力比を与えない電流比の領域(図3(b)においては $1.03 < Cu_1/Cu_2 < 1.07$)が現われる。従来は、この領域での解が得られておらず、これを求めるのが本発明の主題である。

【0018】不連続になる $\Delta c = 0.024$ においては2つの共鳴モードの利得は等しいため、2モードが共存する可能性がある。しかし従来、この可能性は考慮の外に置かれていた。その理由は、光の周波数を固定(2つの共鳴モードの周波数が同じ)して考えており、2つの共鳴モードの電界を重ねたものは、干渉によって一往復後に形が変化し、安定な発振状態になるとは理解されなかったためである。

【0019】今回さらに理論的検討を行った結果、2つの共鳴モードに対して異なる周波数を許すことにより、次に述べるように、2モード共存が可能であることが判明した。すなわち、従来解のなかった電流領域における光パワー比を、破線のように求めることができた。ある電磁界が共鳴モードとなるためには、一往復後に形が変わらないのみでなく、位相も変わらないことが必要である。現実には後者の条件によって、ある横モードに対する周波数が決定される。したがって異なる横モードに対する周波数は一般にはわずかではあるが、異なる。

【0020】これに対し、横モードに関する理論解析においては、通常、周波数をまず与えるため、位相条件は満たされない。ただし、横モードが1つの場合には、わずかな周波数の修正によって位相ずれが補償されるので、ほぼ気にする必要がない。ところで、横モードが2つ以上存在するときは、それぞれに対して周波数が異なることを考慮にいれる必要がある。これを考慮すると、2つの共鳴モードの間には干渉がないため、共存状態の光分布は、単純にパワーを重ね合わせたものとなり、安定な発振状態となり得る。このような理論的検討に基づいて、計算されたのが、図3中の破線の部分である。

【0021】これらの動作点においては Δc の増加(減少)に対して、その状態を保持するに必要な Cu_1/Cu_2 は増加(減少)するので安定である。以上の考慮によって、任意の Cu_1/Cu_2 に対して P_1/P_2 が得られる。

【0022】図3(c)は $P_o = 0.55 \text{ mW}$ の場合である。単一モード解の一部は不安定になり、点線で示してある。この図は非常に狭い双安定領域($0.997 < Cu_1/Cu_2 < 1.003$)を持つ。特に、もし注入電流が一樣($Cu_1 = Cu_2$)であったとしても、 $P_1/P_2 = 3$ または $1/3$ という非対称な光出力が現われる。このときキャリア分布も非対称である。したがって、これらの存在によって起こる自然再結合と誘導再結合によるキャリアの減少を補うために必要な、それぞれの電流もまた非対称である。しかしながら、キャリアと光の最大ピークは互いに反対側の導波路にあるため、この2つの電流の総和は対称になり得るのである。単一奇類似モードによるこのような双安定性が得られる条件は、電流比のみでなく光出力も狭い範囲に限られている($0.5 \text{ mW} < P_o < 0.7 \text{ mW}$)。

【0023】図3(d)に $P_o = 0.88 \text{ mW}$ の場合の結果を示す。光出力がこれくらい大きいと、 $Cu_1/Cu_2 = 1$ における安定単一モード解は消失する。その代わり、それぞれの安定状態が2つの共鳴モードよりなる双安定性が現われる。この2モード双安定性は、 $P_o > 0.7 \text{ mW}$ (上限は無い)において現われる。

【0024】光出力をさらに 2.2 mW まで増加すると、図3(e)に示したように、 $Cu_1/Cu_2 = 1$ 付近の単一モード解は全て不安定になる。この場合の2モード双安定の電流比範囲は $0.9 < Cu_1/Cu_2 < 1.1$ であり、単一モード双安定の場合よりもはるかに広い。 P_o の増加とともにこの電流範囲は広がるが、光電力比が1に近づいてしまうという欠点も生ずる。

【0025】図4に $Cu_1/Cu_2 = 1$ の時の、一端面における近視野像を示す。図4(a)は $P_o < 0.5 \text{ mW}$ の場合、図4(b)~(d)はそれぞれ $P_o = 0.5, 0.88, 2.2 \text{ mW}$ の双安定状態の一方を示している。他方はこれらの左右を入れ替えた鏡像である。

(c)と(d)の光パワー分布(実線)は奇類似モード

(破線)と偶類似モード(点線)の両方で構成されている。

【0026】従来の単一モード双安定性を与える出力光電力の値は、2モードも含めた双安定条件の下限になっており、これ以上の光出力ならば交差モードが得られることが明らかになった。

【0027】本例の場合、従来は光出力が $0.5 \sim 0.7 \text{ mW}$ という狭い領域でのみ、交差モード双安定性が得られると考えられていたが、今回の発明により、それよりも大きな任意の光出力(全体の電流レベルを上げることにより得られる)において、交差モード双安定性が得られることが明らかになった。

【0028】図5にフリップ・フロップとしての応用例を示す。交差モード発生状態にあるツイinstライブレザは、単体で電子回路におけるセット・リセット・フリップ・フロップに類似なものになっている。図5は、電流注入が一樣($Cu_1/Cu_2 = 1$)で $P_o = 0.55 \text{ mW}$ の場合(単一奇類似モード双安定状態)の例を示している。下側の導波路端面“1”と“2”をそれぞれセットおよびリセット信号の入り口、上側の導波路端面と“4”と“3”をそれぞれ出力と補出力の出口と定義する。最初、共鳴モードの最大ピークは実線で示したように“2”と“3”にあるとする。この状態は出力Qが小さいのでオフ状態である。小さな光信号(セットパルス)を“1”に入射すると、光の分布は破線で示したもう一方の安定状態(Qが大きいオン状態)にスイッチすることが期待される。この状態はリセットパルスが“2”に入射されるまでは保持される。このようにして、電子回路の場合と同様に補出力をもつ光フリップ・フロップが、ただ一つのツイinstライブレザによって実現される。

【0029】このスイッチは図3(a)の $Cu_1/Cu_2 \sim 1.05$ 付近における、電流比を微小に変化させることによる、奇類似モードと偶類似モードとの間のスイッチ(双安定ではない)とは違うことに注意が必要である。図5の双安定スイッチでは全ての最初の量はその鏡像に変化する。すなわち、電流比は1に固定されたままであり、一時的な(パルスの)光入力による双安定スイッチであり、 Δc は 0.016 から -0.016 に変化し、実線と破線の光分布はどちらも奇類似モードである。

【0030】光出力を $P_o > 0.7 \text{ mW}$ にして2モードにした場合も、同様な機能を得る。本発明により、このような有用な機能が、広い光出力範囲において可能となる。

【0031】[参考文献]

[1] 渡辺正信, I. H. White, J. E. Carroll, 「半導体レーザ」、平成2年特願第78415号

[2] M. Watanabe, I. H. White, a

nd J. E. Carroll, "Analysis of the cross-coupled lateral mode in a twin-stripe four-contact laser with diagonal current injection", IEEE J. Quantum Electron, vol. 26, pp. 1942-1953, 1990.

【0032】

【発明の効果】2モード発振の考慮により、単一交差モードを発生する光出力を下限とする任意の光出力（上限は無い）において、交差モード双安定性の発生が可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の計算モデルを示す図である。

【図2】 $L=0.95L_c$ ($<L_c$)、 $\Delta c=0.024$ とした場合の、共鳴横モードの光パワー分布の例を示す図である。（a）は奇類似モード、（b）は偶類似モ

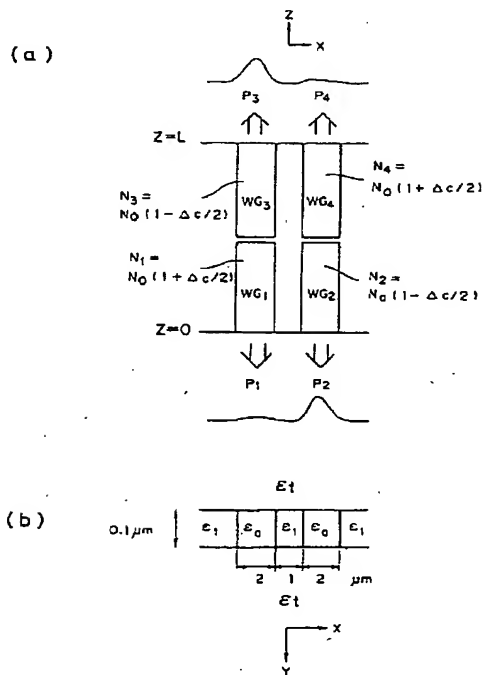
*ードで、 $\pm z$ 方向に伝搬する光のパワーを足し合わせてある。

【図3】 $L/L_c=0.95$ の時の、 $-0.026 \leq \Delta c \leq 0.026$ における光パワー比と電流比の関係を示す図である。各グラフの光出力は（a）0mW、（b）0.22mW、（c）0.55mW、（d）0.88mW、（e）2.2mWである。実線は単一モード安定解、点線は単一モード不安定解、破線は2モード安定解を示す。

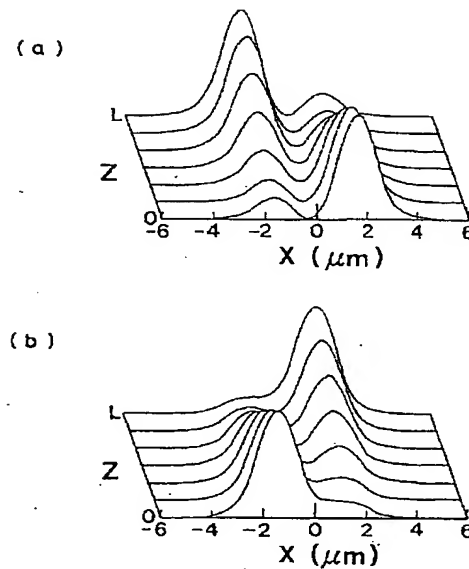
【図4】 $Cu_1/Cu_2=1$ の場合の、一端面における出力光分布を示す図である。各グラフの光出力は（a）0.5mW以下、（b）0.55mW、（c）0.88mW、（d）2.2mWである。（b）～（d）では双安定解の一方を示しており、他方はその鏡像になる。実線が出力光分布で、（c）と（d）における破線と実線は奇類似および偶類似モード成分である。

【図5】セット・リセット光フリップ・フロップとしての働きの説明図である。

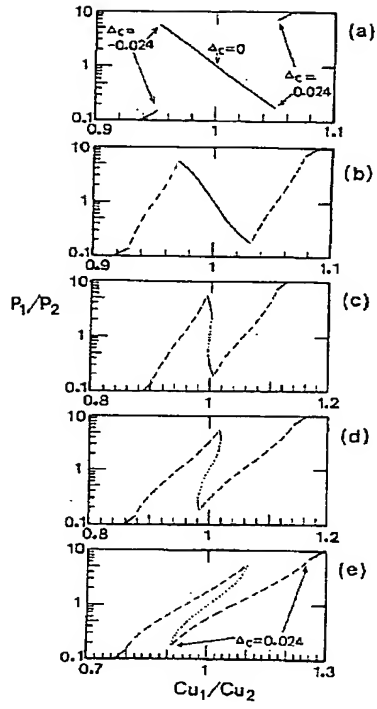
【図1】



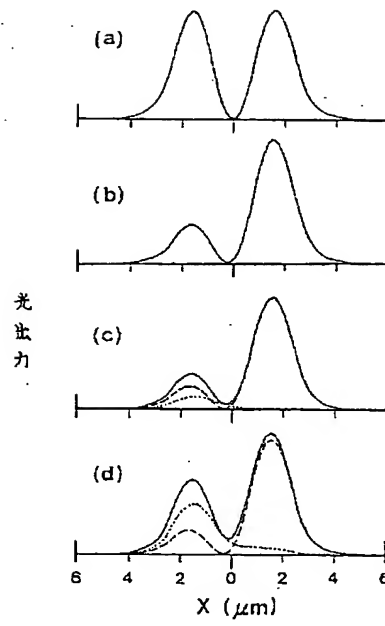
【図2】



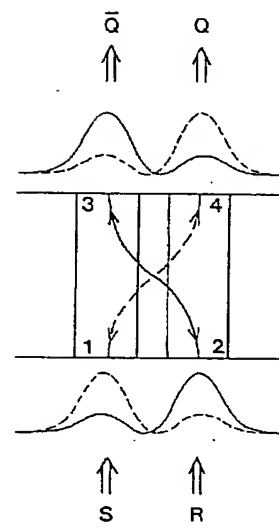
【図3】



【図4】



【図5】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the semiconductor laser which carries out the method of a rare oscillation of generating the crossover mode in which the output light distribution in a both-ends side serves as a mirror image mutually, about the twin stripe laser which has two parallel waveguides by association of the light from the waveguide which is especially one side to another side.

[0002] In the conditions which generate crossover mode, since this semiconductor laser serves as bistability between crossover modes with almost symmetrical optical distribution of that, it can be used as optical memory, an optical switch, and a light logic device.

[0003]

[Description of the Prior Art] In symmetrical inrush current distribution, the usual semiconductor laser carries out outgoing radiation of the symmetrical light. On the other hand, in twin stripe laser (the number of what have large cathode is one) with two parallel anode plates, there is an oscillation gestalt from which outgoing radiation light distribution is a non-object, and the distribution in a both-ends side becomes a mirror image mutually in spite of a symmetrical inrush current. This means that it crosses to the waveguide of another side, and moves and goes to it from one waveguide, and is named crossover mode. One anode plate and at least two cathode are not cared about at all at this reverse. However, since there is fear of confusion with the usual laser of 1 anode-plate 1 cathode when it is called two electrodes, let two be an anode plate for convenience in this patent. By actual laser, since the electron hole of diffusion is later, usually the anode plate is made into two.

[0004] At first, although this mode was an imperfect form, it was experimentally discovered by White and Carroll in 1983. Although the generating mechanism was unknown long, it was theoretically clarified by Watanabe and others seven years after, and becoming bistability was also shown (reference [1, 2]).

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the case of the optical output of a very narrow range, in the theory indicated by application of the point by this invention persons, and Japanese Patent Application No. No. (reference [1]) 78415 [two to], it was restricted that crossover mode and bistability nature appear. This invention improves this point sharply.

[0006]

[Means for Solving the Problem] It is characterized by for this invention having two parallel waveguides, and generating crossover mode in which outgoing radiation light distribution in a both-ends side serves as a mirror image mutually by the coincidence oscillation in two resonance modes, and having bistability nature between crossover modes.

[0007]

[Function] the reason of a limit [in / first / at this invention / Japanese Patent Application No. No. 78415 / two to] — ** — it is shown similar or that it is because only one oscillation in ** similar resonance mode was taken into consideration, and it calculates in consideration of the coincidence oscillation in both the modes. Consequently, in the conventional theory, the stable solution which did not exist is found out and it is shown to the optical output of a large range that crossover mode promotion is possible.

[0008] It is shown that crossover mode and bistability nature appear from that 2 mode coincidence oscillation takes place in the field in which a stable solution did not exist conventionally and the

optical output of a very large range, i.e., the conditions searched for by Japanese Patent Application No. No. 78415 [two to], in the strong optical output of arbitration by theoretical consideration and computer simulation.

[0009]

[Example] Here, the ** similar mode shows an example based on the model of application of the point which plays a main role. Also when the ** similar mode is based on the model which plays a main role, the reason of theory is completely the same and the role in the ** similar mode and the ** similar mode only merely interchanges.

[0010] (1) The laser structure mimetic diagram of a computation model is shown in model drawing 1. Since it is the same as Japanese Patent Application No. No. 78415 [two to], it explains simply. Drawing 1 (a) is the plan of laser, classifies the field of activity waveguide into four, and is $N1 - N4$ about $WG1 - WG4$, and each carrier density. It names and is $N1 = N4$. And $N2 = N3$ The case was investigated. $N0$ It is average carrier density and Δn is $(N1 - N2) / N0$. It is the parameter showing a carrier density difference on either side defined. $P1 - P4$ respectively — $WG1 - WG4$ from — the power which comes out — it is — a carrier — distribution slanting as mentioned above — **** — if it is, the optical pattern by which outgoing radiation is carried out from a both-ends side will serve as a mirror image mutually ($P1 = P4$ and $P2 = P3$). An electrode is similarly classified into four, and is considered and they are $WG1 - WG4$. It is $Cu1 - Cu4$ about the current poured in, respectively. It carries out. Since it is expressed with the sum of the induction recombination term proportional to optical power, and the natural recombination term only depending on carrier density, an inrush current is $Cu1 = Cu4$ and $Cu2 = Cu3$. It is realized.

[0011] Drawing 1 (b) is a cross section. Activity waveguide shall have fixed refractive-index ***** structure not only in the upper and lower sides but in a longitudinal direction (called embedding double hetero structure). ϵ_a , ϵ_1 , and ϵ_t respectively — the dielectric constant of activity (active) waveguide, a longitudinal direction (x directions; lateral direction) clad, and a lengthwise direction (direction of y; transverse direction) clad — it is — $Re(\epsilon_a) > Re(\epsilon_1) \gg Re(\epsilon_t)$ — relation is given. What is necessary is for it to be small, and to be a little large and just to make x which shows the rate of aluminum to Ga become further larger by the lengthwise direction clad by the longitudinal direction clad at waveguide in the case of an $Al_x Ga_{1-x} As$ material, in order to fulfill this condition. In this example, it calculated about the example which made the dielectric constant in case there is no carrier $\epsilon_a = 13.1 - 0.023i$ (value of GaAs bulk), $\epsilon_1 = 12.9$, $\epsilon_t = 11.4$, barrier layer width of face of 0.1 micrometers, waveguide width of face of 2 micrometers, and the waveguide gap of 1 micrometer. In order not to complicate count, the sequence of searching for electric-field distribution on condition that carrier distribution immobilization first, and searching for current distribution required holding these next is taken. Current distribution becomes the sum of the term proportional to optical power, and the term only depending on carrier density. The detailed count method is stated to reference [1, 2].

[0012] (2) In resonance mode symmetry current impregnation, supposing an unsymmetrical optical output from which the optical output of a both-ends side serves as a mirror image mutually occurs at a certain time, the carrier of the strong portion of light will decrease by induction recombination (refer to drawing 1). Even if unsymmetrical carrier distribution occurs temporarily by this, strength and the operation which weakens few places of a carrier will take place the light of a place with many carriers, and it will usually return to the original symmetrical pattern at the next moment. However, if this is conditions which support the optical distribution whose unsymmetrical carrier distribution like drawing 1 has power strong against a portion with few carriers in reverse, these optical unsymmetrical distribution and unsymmetrical carrier distribution are supported mutually, and can live together under a symmetry inrush current.

[0013] When the conditions of the above-mentioned thing to crossover mode promotion have carrier distribution of slant like drawing 1, it turns out that it is that the mode which has a big peak in waveguide with few carriers has the maximum gain. Such [actually] conditions exist as shown in reference [1, 2]. Since the reason a light strong against the low place of gain appears is complicated, it limits for saying that it relates to lowering a refractive index at the same time existence of a carrier raises gain.

[0014] Thus, when a carrier has slanting distribution, distribution of the light of the resonance transverse mode which does not change a form even if restored once also has slanting distribution like drawing 2. This is $L = 0.95L_c (< L_c)$ and an example in $\Delta n = 0.024$. The form in two resonance modes is mostly determined by refractive-index distribution, and it is determined which [of this

mode] (or both) is chosen according to gain distribution. Since (a) has the location where optical reinforcement becomes about 0 between waveguides, since the ** similar mode and (b) do not have such a location, it calls them ** similar resonance mode. The power of the light spread in the **z direction is added. Thus, in $L < L_c$, the ** similar mode has a large peak in the waveguide of a side with few carriers at the waveguide of a side with much ** similar mode on a carrier. When this is $L < L_c$, it becomes reverse exactly, and the ** similar mode has a large peak in a side with few carriers at a side with much ** similar mode on a carrier.

[0015] (3) To count result drawing 3 in consideration of 2 mode oscillation, it is P_1 in $L/L_c=0.95$ / P_2 . Cu_1 / Cu_2 The result of having calculated relation about the range of $-0.026 \leq \text{deltac} \leq 0.026$ is shown. Continuous lines are [a single mode unstable solution and the dashed line of a single mode stable solution and a dotted line] 2 mode stable solutions. The single mode solution of drawing 3 (a), (b), (c), and (e) shall be shown in outputted Japanese Patent Application No. No. 78415 [two to].

[0016] An inrush current is mostly expressed with the sum of the induction recombination term proportional to optical power, and the natural recombination term only depending on carrier density. Current distribution is decided only by carrier distribution in drawing 3 (a) whose output photoelectrical force is zero, and they are current ratios Cu_1/Cu_2 to deltac . It increases in monotone. The optical power ratio P_1 / P_2 While deltac increases from 0 to 0.024, it decreases in monotone. This is because the direction of the ** similar mode has high gain, and the power inclines toward WG2 (and WG3) and goes. In the meantime, the power in the low (therefore, it does not appear) ** similar mode of gain inclines toward WG1 (and WG4), and goes. It sets to $\text{deltac}=0.024$ and is P_1 / P_2 . It changes to discontinuity at a larger value than 1. This is that for the direction of the gain in the ** similar mode (drawing 2 (c)) becoming high, and switching to the latter rather than the ** similar mode (drawing 2 (a)), bordering on $\text{deltac}=0.024$. Therefore, when output light is very small, the slight current ratio change in the $Cu_1 / 2 = Cu_1.05$ neighborhood brings about the big photoelectrical force ratio change by the switch in resonance mode, and it.

[0017] I will investigate the effect which it has on the graph of the above [existence of light]. Following drawing 3 (b) is the case of $P_o=0.22\text{mW}$. The effect of induction recombination is so large that the photoelectrical force is large. Therefore, the lower half whose upper half which is $P_1/P_2 > 1$ is $P_1/P_2 < 1$ on the right is P_1 / P_2 to the left. The point which is more nearly separated from 1 moves greatly. Consequently, if both of the resonance modes are independent, the field (it sets to drawing 3 (b) and is $1.03 < Cu_1/Cu_2 < 1.07$) of the current ratio which does not give a photoelectrical force ratio appears. It is the theme of this invention for the solution in this field not to be acquired but to ask for this conventionally.

[0018] In $\text{deltac}=0.024$ which become discontinuity, since the gain in two resonance modes is equal, the 2 mode may live together. However, this possibility was conventionally placed out of consideration. The reason fixes and (the frequency in two resonance modes is the same) considers the frequency of light, and it is because it was not understood that a form changed after 1 round trip and what piled up the electric field in two resonance modes will be in a stable oscillation condition by interference.

[0019] As a result of performing theoretical examination further this time, it became clear by allowing different frequency to two resonance modes for 2 mode coexistence to be possible so that it might state below. That is, it was able to ask for the optical power ratio in the current field which did not have a solution conventionally like a dashed line. In order for a certain electromagnetic field to serve as resonance mode, it is required after 1 round trip a form not only does not to change, but for a phase not to change. The frequency to a certain transverse mode is actually determined by the latter conditions. Therefore, although the frequency to the different transverse mode is generally slight, it differs.

[0020] On the other hand, in the theoretical analysis about the transverse mode, in order to give frequency first, phase conditions are not usually fulfilled. However, since a phase shift is compensated by correction of slight frequency when the number of the transverse modes is one, it is not necessary to care mostly. by the way, when the two or more transverse modes exist, it is necessary to take that it is alike, respectively, receive and frequency differs into consideration Since there is no interference between two resonance modes when this is taken into consideration, optical distribution of a coexistence condition becomes what piled up power simply, and can be in a stable oscillation condition. Based on such theoretical examination, the portion of the dashed line in drawing 3 was calculated.

[0021] Cu_1 / Cu_2 required to hold the condition to the increment in deltac (reduction) in these

operating points Since it increases (reduction), it is stable. By the above consideration, they are Cu1 of arbitration / Cu2. It receives and is P1 / P2. It is obtained.

[0022] Drawing 3 (c) is the case of $P_o=0.55\text{mW}$. A part of single mode solution becomes unstable, and the dotted line has shown it. This drawing has a very narrow bistability field ($0.997 < \text{Cu1} / \text{Cu2} < 1.003$). Especially, even if an inrush current is uniform ($\text{Cu1} = \text{Cu2}$), an unsymmetrical optical output called $P1/P2 = 3$ or $1/3$ appears. At this time, carrier distribution is also unsymmetrical. Therefore, each current required in order to compensate reduction of the carrier by the natural recombination and induction recombination which happen by these existence is also unsymmetrical. However, since the maximum peak of a carrier and light is in the waveguide of the opposite side mutually, total of these two current can become symmetry. The conditions from which such bistability nature by the single ** similar mode is obtained are restricted to the range where not only a current ratio but an optical output is narrow ($0.5 \text{ mW} < P_o < 0.7 \text{ mW}$).

[0023] The result in $P_o=0.88\text{mW}$ is shown in drawing 3 (d). If an optical output is as large as this, the stabilization single mode solution in $\text{Cu1} / \text{Cu2} = 1$ will disappear. Instead, the bistability nature which each stable state becomes from two resonance modes appears. This 2 mode bistability nature appears in $P_o > 0.7 \text{ mW}$ (infinite).

[0024] If an optical output is increased to 2.2 mW , as shown in drawing 3 (e), all the single mode solutions of the $\text{Cu1} / \text{Cu2} = 1$ neighborhood will become instability. The current ratio ranges of 2 mode bistability in this case are $0.9 < \text{Cu1} / \text{Cu2} < 1.1$, and are far wider than the case of single mode bistability. Although this current range becomes large with the increment in P_o , the defect that a photoelectrical force ratio will approach 1 is also produced.

[0025] The near-field pattern in the end side at the time of $\text{Cu1} / \text{Cu2} = 1$ is shown in drawing 4. In drawing 4 (a), in the case of $P_o < 0.5 \text{ mW}$, drawing 4 (b) - (d) shows one side of $P_o=0.55, 0.88$, and a 2.2 mW bistability condition, respectively. Another side is the mirror image which replaced these right and left. Optical power distribution (continuous line) of (c) and (d) consists of both the ** similar mode (dashed line) and the ** similar mode (dotted line).

[0026] The value of the output photoelectrical force of giving the conventional single mode bistability nature had become the minimum of bistability conditions also including the 2 mode, and when it was an optical output beyond this, it became clear that crossover mode is obtained.

[0027] In this example, the optical output was conventionally considered that crossover mode bistability nature is obtained only in the narrow field of $0.5\text{--}0.7 \text{ mW}$, but it became clear that crossover mode bistability nature is obtained by this invention in the optical output (obtained by raising the whole current level) of bigger arbitration than it.

[0028] The application as a flip-flop is shown in drawing 5. The twin stripe laser in a crossover mode promotion condition is similar to the set-reset flip-flop in an electronic circuitry alone. drawing 5 — current impregnation — being uniform ($\text{Cu1} / \text{Cu2} = 1$) — the example in $P_o=0.55 \text{ mW}$ (single ** similar mode bistability condition) is shown. A set and the entry of a reset signal, an upper waveguide end face, "4", and "3" are defined for a lower waveguide end face "1" and "2" as the outlet of an output and *****, respectively. At first, the maximum peak in resonance mode presupposes that it is in "2" and "3" as the continuous line showed. Since the output Q is small, this condition is an OFF state. It is expected that distribution of light will switch a small lightwave signal (set pulse) to another stable state (Q is a large ON state) shown with the dashed line "1" if incidence is carried out. This condition is held until incidence of the reset pulse is carried out to "2." Thus, the optical flip flop which has ***** like the case of an electronic circuitry is realized by only one twin stripe laser.

[0029] The switch (it is not bistability) between the ** similar modes and the ** similar modes by this switch changing minutely the current ratio in the Cu1 of drawing 3 (a) / Cu2 - 1.05 neighborhood needs cautions for it to be different. With the bistability switch of drawing 5, all the first amounts change to the mirror image. Namely, there is a current ratio until it was fixed to 1, it is a bistability switch by temporary optical input (pulse), Δt_{ac} changes to -0.016 from 0.016 , and both optical distribution of a continuous line and a dashed line is in ** similar mode.

[0030] The same function is obtained, also when an optical output is set to $P_o > 0.7 \text{ mW}$ and it is made the 2 modes. By this invention, such a useful function becomes possible in a large optical output range.

[0031] [Bibliography]

[1] Masanobu Watanabe, I.H.White, J.E.Carroll, "semiconductor laser", the Heisei 2 application for patent No. 78415

[2] M.Watanabe, I.H.White, and and J.E.Carroll, "Analysis of the cross-coupled lateral mode in a twin-

stripe four-contact laser with diagonal current injection", and IEEE J.Quantum Electron, vol.26, and pp.1942- 1953 and 1990

[0032]

[Effect of the Invention] By consideration of 2 mode oscillation, generating of crossover mode bistability nature was attained in the optical output (infinite) of the arbitration which makes a minimum the optical output which generates single crossover mode.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

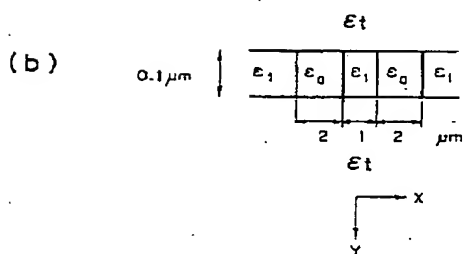
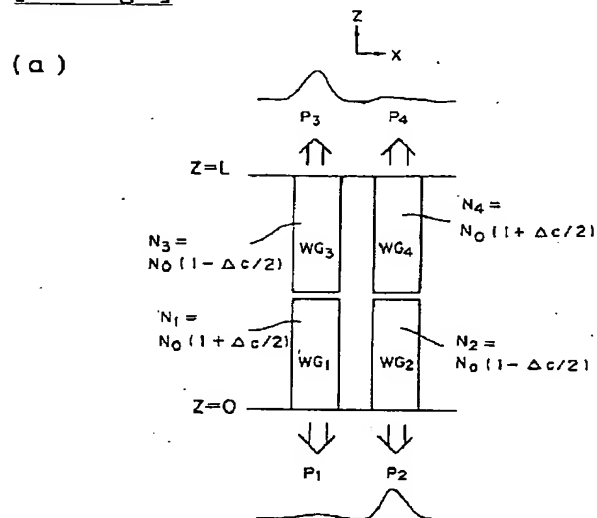
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

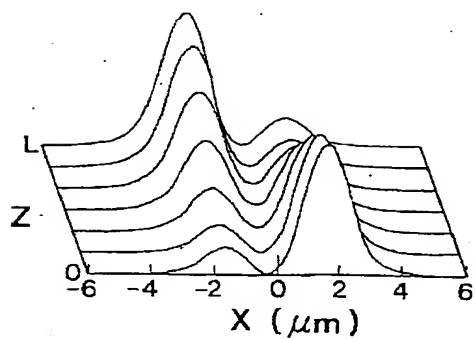
DRAWINGS

[Drawing 1]

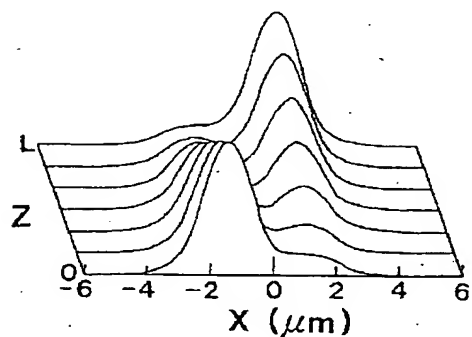


[Drawing 2]

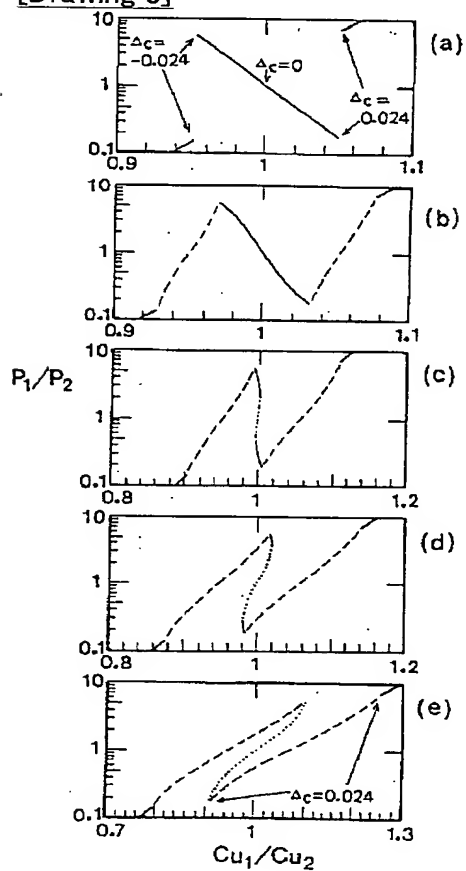
(a)



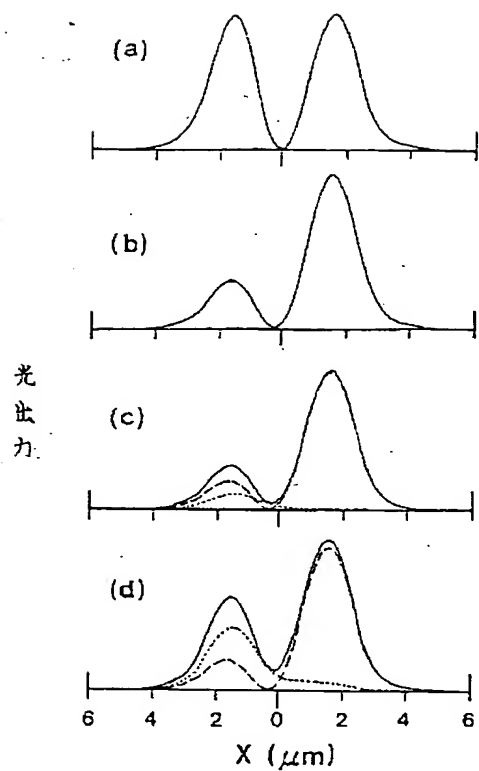
(b)



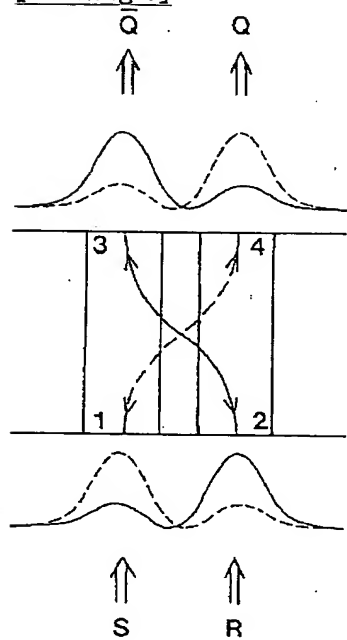
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]